

PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 31 MAR 2004

WIPO

PCT

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen:

103 14 557.5

Anmeldetag:

31. März 2003

Anmelder/Inhaber:

Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München/DE

Bezeichnung:

Kompakter Mikrowellen-Abstandsensord mit geringer
Leistungsaufnahme durch Leistungsmessung an
einem stimulierten Empfangsoszillator

IPC:

G 01 S 7/28

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 3. März 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Bruch

BEST AVAILABLE COPY

Beschreibung

Kompakter Mikrowellen-Abstandsensoren mit geringer Leistungsaufnahme durch Leistungsmessung an einem stimulierten Empfangsoszillator

Zur Messung von Abständen mit Mikrowellen werden häufig Pulsradarsensoren verwendet. Die Verfahren und Anordnungen zum Aufbau und Betrieb von Pulsradarsensoren existieren in vielfältiger Form und sind seit langem z.B. aus US 3,117,317, US 4,132,991 und US 4,521,778 bekannt. Eingesetzt werden Pulsradar-Sensoren als Füllstandsensoren in der industriellen Messtechnik, als Einparkhilfe oder Nahdistanzsensoren in Kraftfahrzeugen zur Kollisionsvermeidung, zur Abbildung der Umgebung und zur Navigation von autonomen Fahrzeugen und Transportsystemen wie z.B. Roboter und Förderanlagen.

Üblicherweise arbeiten Pulsradar-Sensoren in den aufgeführten Anwendungsgebieten bei Mittenfrequenzen von ca. 1 GHz bis 100 GHz mit typischen Pulslängen von 100 ps bis 20 ns. Wegen der großen Bandbreite werden derartige Sensoren seit einiger Zeit als Ultrawideband (UWB)-Radar bezeichnet. Gemeinsam ist fast allen Pulsradar-Sensoren, dass die Pulssignale eine so große Bandbreite besitzen, dass diese mit den üblichen Methoden der Signalerfassung nicht direkt aufgezeichnet und verarbeitet werden können, sondern hierfür zunächst auf eine tiefere Frequenz umgesetzt werden müssen. Hierzu verwenden fast alle bekannten Pulssysteme die Methode des so genannten sequentiellen Abtastens. Bei diesem Prinzip, welches schon aus frühen digitalen Abtastoszilloskopen bekannt ist, wird das Messsignal über mehrere Messzyklen abgetastet, wobei die Abtastzeitpunkte von Zyklus zu Zyklus sequentiell verschoben werden.

In US 3,117,317, US 4,132,991 und US 4,521,778 wird die schaltungstechnische Umsetzung des sequentiellen Samplings so beschrieben, dass ein Sendeimpuls mit einer bestimmten

Wiederholffrequenz CLK-Tx (Clock-Transmission) ausgesendet wird und sein Echo mit einem Abtasttor mit einer Wiederholffrequenz CLK-Rx (Clock-Reception) abgetastet wird. Unterscheiden sich die Frequenzen der Sendefolge und der Abtastfolge geringfügig, so verschieben sich die beiden Folgen langsam in ihrer Phase gegeneinander. Diese langsame relative Verschiebung des Abtastpunktes zum Sendezeitpunkt bewirkt einen sequentiellen Abtastvorgang.

Figur 1 zeigt eine bekannte Ausführungsform eines nach dem Stand der Technik arbeitenden Pulsradars mit sequentiellem Sampling. Das Ausgangssignal eines kontinuierlich betriebenen Oszillators wird in einen Sende- und einen Empfangspfad aufgeteilt. Diese beiden Signale werden über die Schalter SW-Tx/SW-Rx mit dem Takt CLK-Tx/CLK-Rx für einen kurzen Moment durchschaltet wodurch zwei zyklische Pulsfolgen $s_{Tx}(t)$ und $s_{Rx}(t)$ mit geringfügig unterschiedlicher Taktrate erzeugt werden. Die Impulsfolge $s_{Tx}(t)$ wird über die Antenne ANT-Tx ausgesendet. Die Impulsfolge $s_{Rx}(t)$ wird dem ersten Tor des Mixers MIX zugeführt, der als Abtasttor fungiert. Der Mixer wird an seinem zweiten Tor mit dem vom Objekt TARGET1 und vom Objekt TARGET2 reflektierten Empfangssignal gespeist. Die empfangene Impulsfolge wird im Mixer MIX in das niederfrequente Basisband gemischt. Die dabei entstehende Abtastimpulsfolge wird durch ein Bandpassfilter geglättet und ergibt so das niederfrequente Messsignal $s_m(t)$.

Wie Figur 2 zeigt ist auch bekannt, anstatt getrennter Antennen wie in Figur 1 eine gemeinsame Antenne zum Senden und Empfangen zu verwenden, wobei die Sende- und Empfangssignale beispielsweise durch einen Zirkulator oder Richtkoppler voneinander getrennt werden.

Wird mit der herkömmlichen Radartopologie nach Figur 1 und 2 mit sequentiellem Sampling gemessen, ergeben sich folgende Nachteile:

- Im Falle, in dem das Messsignal $s_m(t)$ reellwertig erfasst wird, ändert sich die Amplitude des Echopulses in Abhängigkeit von der spezifischen Phase zwischen dem Sende- und Empfangssignal. Bewegt sich also das Objekt TARGET2, „wabert“ die zu diesem Objekt gehörende Pulshüllkurve, wie in Figur 3 dargestellt (mit TARGET2 gekennzeichnet) in Abhängigkeit von der durch den jeweiligen Abstand des sich bewegenden Objektes TARGET2 gegebenen momentanen Reflexionsphase zwischen den Werten +A und -A hin und her, wobei sich gleichzeitig die Position der Pulshüllkurve entsprechend der Ortsänderung verschiebt. Dabei verschwindet die Hüllkurve zwischen diesen Extrema auch vollständig. Reflektiert das zu messende Objekt mit eben einer solchen Phase, bei der die Pulshüllkurve verschwindet, wird das Objekt nicht erkannt.
- Durch eine komplexwertige Erfassung des Messsignals $s_m(t)$ kann aus dem Real- und dem Imaginärteil des Messsignals rechnerisch durch eine Betragsbildung eine nicht „wabernde“ Pulshüllkurve gemäß Figur 6 gebildet werden. Es ist jedoch dafür die komplexwertige Messwerterfassung, d.h. die Verwendung von zwei Mischern, sowie die Auswertung zweier Signale $\text{Re}\{s_m(t)\}$ und $\text{Im}\{s_m(t)\}$ notwendig.
- Die Schalter SW-Tx/SW-Rx ermöglichen nur einen begrenzten Schaltkontrast. Das bedeutet, dass stets ein Signal abgestrahlt wird und ein Dopplersignal zwischen den Pulshüllen zu sehen sind. Außerdem kann das ausgesendete Dauerstrichsignal problematisch im Sinne der von den Behörden zugelassenen Nebenaussendungen sein.
- Der Oszillator HFO ist stets eingeschaltet und verbraucht Strom. In batteriebetriebenen Anwendungen bedeutet das eine reduzierte Batterie-Lebensdauer.
- Für die Erzeugung der Pulse werden bei der HF ein Oszillator und zwei aufwändig zu gestaltende Schalter benötigt.

Einige der erwähnten Probleme löst eine Anordnung nach Figur 4. Die Funktion entspricht im Wesentlichen der der Anordnung von Figur 1, wobei die Impulsfolgen in diesem Falle durch kurzzeitiges Einschalten der Signalquellen HFO-Tx/HFO-Rx durch einen schnellen Spannungspuls von PO-Tx/PO-Rx erreicht werden. Auch hier besitzen die entstehenden Impulsfolgen geringfügig unterschiedliche Taktraten CLK-Tx/CLK-Rx.

- 10 Zur Erzielung eines guten Signal-zu-Rausch-Verhältnisses (SNR) des Messsignals ist entscheidend, dass die Oszillatoren PO-Tx/PO-Rx über alle Pulse einer Folge in einem deterministischen, also in einem nicht stochastischem, Phasenverhältnis zueinander stehen. Ein deterministischer
15 Zusammenhang ergibt sich, wenn die Pulssignale, die die Pulsoszillatoren HFO-Tx/HFO-Rx einschalten, sehr reich an Oberwellenanteilen im Frequenzband der Hochfrequenzoszillatoren sind. Die Oberwellen führen dazu, dass die Oszillatoren nicht stochastisch anschwingen, sondern
20 bezogen auf die Spannungspulse PO-Tx/PO-Rx mit einer starren, charakteristischen Anfangsphase. Also stehen auch die Ausgangssignale der beiden Oszillatoren in einem deterministischen, durch die Sendesignalfolge und die Abtastsignalfolge vorgegebenen Phasen- und Zeit-Verhältnis
25 zueinander.

Die Vorteile der Anordnung von Figur 4 sind:

- Das System besitzt eine deutlich geringere Stromaufnahme als das von Figur 1, da die Hochfrequenzoszillatoren die
30 meiste Zeit eines Messzyklus ausgeschaltet sind.
- Das System besitzt keine aufwändigen Hochfrequenzschalter mehr.

Nachteilig ist aber:

- ~~35 - Es erfordert auch einen hohen Aufwand ausreichend starke, schnelle, oberwellenreiche Spannungspulse zu erzeugen.~~

- Sind die Oberwellen sehr schwach, wird die Anschwingphase auch durch andere einstreuende Signale beeinflusst, die Messsignalamplitude rauscht und jittert.
- Zur Abstandsermittlung aus dem Messsignal muss
5 üblicherweise dessen Hüllkurve ermittelt werden. Hierfür ist in der Regel eine sehr hohe Verstärkung des niederfrequenten Messsignals notwendig, die ebenfalls aufwändig zu gewährleisten ist.

- 10 Auf einem anderen technischen Gebiet, nämlich dem der Transponder, ist aus US 5,630,216 bekannt, dass ein Oszillator in seinem Anschwingverhalten nicht nur in seiner Phase, sondern auch in seiner Anschwinggeschwindigkeit von einem eingekoppelten Signal ähnlicher Frequenz beeinflusst
15 wird. Dieser Effekt wird zu einer sehr leistungsarmen Demodulation eines empfangenen AM-Code-Signals genutzt. Dieser Verstärkungseffekt ist jedoch nicht für ein kohärentes Messverfahren wie das zuvor beschriebene geeignet.
- 20 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, Systeme aufzuzeigen, die die Aufgabe der beschriebenen Radaranordnungen in anderer und verbesserter Form erfüllen.

Diese Aufgabe wird durch die in den unabhängigen Ansprüchen angegebenen Erfindungen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

- Dementsprechend verfügt eine Anordnung oder Vorrichtung über Sendemittel, zum Erzeugen und Senden eines
30 elektromagnetischen Signals, und über Empfangsmittel zum Empfangen eines Echos des gesendeten elektromagnetischen Signals. Die Empfangsmittel weisen einen Empfangsoszillator auf, dessen Einschwingverhalten, insbesondere die Einschwingdauer und damit die mittlere abgegebene Leistung,
35 durch die Stärke, insbesondere Amplitude, der empfangenen Reflexion des gesendeten elektromagnetischen Signals beeinflussbar ist. Der Empfangsoszillator ist also so

beschaltet, dass er durch Reflexion des gesendeten elektromagnetischen Signals anregbar und/oder stimulierbar ist, wodurch ein Messsignal in Abhängigkeit der Stärke, insbesondere Amplitude, der Reflexion des gesendeten elektromagnetischen Signals erzeugbar ist.

Vorzugsweise weist die Anordnung dazu einen Detektor auf, durch den die mittlere Leistung des Empfangsoszillators messbar ist.

Es ist weiterhin vorteilhaft, wenn die Anordnung für einen Pulsbetrieb im Sende- und/oder Empfangszweig ausgebildet ist, indem die Sendemittel und/oder Empfangsmittel Mittel zum periodischen Ein- und Ausschalten aufweisen. Insbesondere kann die Anordnung Mittel zum periodischen Ein- und Ausschalten des Empfangsoszillators mit einer Taktrate aufweisen.

Besonders kostengünstig und Platz sparend kann der Empfangsoszillator so geschaltet sein, dass er auch als Sendeoszillator zum Generieren des zu sendenden elektromagnetischen Signals fungiert.

Alternativ kann die Anordnung einen zweiten Oszillator aufweisen, der als Sendeoszillator zum Generieren des zu sendenden elektromagnetischen Signals fungiert.

Die Anordnung ist insbesondere eine Anordnung zur Abstandsmessung, ein Radar, bevorzugt ein Pulsradar.

Sie kann zur Detektion eines Messsignals einen Mischer aufweisen, in dem ein erstes Teilmesssignal und ein zweites Teilmesssignal addiert werden, insbesondere einen Mischer mit zwei Dioden, wobei die Dioden mit gleicher Polarität, also ~~parallel, eingesetzt werden und das Messsignal als Summe~~ zweier Teilmesssignale gebildet wird oder wobei die Dioden mit gegensätzlicher Polarität, also antiparallel, eingesetzt

werden und das Messsignal durch Differenz der beiden Teilsignale gebildet wird. Der Vorteil in der Verwendung eines solchen symmetrischen Mischers besteht in der Verdopplung der Messsignalamplitude und in seinen besonders guten Transmissionseigenschaften, die für die dämpfungsarme Übertragung des Sendesignals sowie die Anregung des Empfangsoszillators durch ein Empfangssignal besonders wünschenswert sind.

10 Bei einem Messverfahren, insbesondere zur Abstandsmessung, wird

- mit Sendemitteln ein elektromagnetisches Signal erzeugt und gesendet,
- mit Empfangsmitteln, die einen Empfangsoszillator aufweisen, eine Reflexion, also ein Echo des gesendeten elektromagnetischen Signals empfangen,
- das Einschwingverhalten, insbesondere die Einschwingdauer und damit die mittlere abgegebene Leistung, des Empfangsoszillators durch die Stärke, insbesondere Amplitude, der Reflexion des gesendeten elektromagnetischen Signals beeinflusst.

Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens ergeben sich analog zu den vorteilhaften Ausgestaltungen der Anordnung.

Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung von Ausführungsbeispielen. Dabei zeigt:

- Figur 1 Ein Pulsradar nach dem Stand der Technik;
- 30 Figur 2 ein zweites Pulsradar nach dem Stand der Technik;
- Figur 3 eine mit dem Pulsradar nach Figur 1 oder dem Pulsradar nach Figur 2 durchgeführte Messung;
- Figur 4 ein drittes Pulsradar nach dem Stand der Technik;
- Figur 5 eine Anordnung mit Sendemitteln und
- 35 Empfangsmitteln;
- Figur 6 eine mit der Anordnung nach Figur 5 durchgeführte Messung;

- Figur 7 eine alternative Anordnung mit Sendemitteln und Empfangsmitteln;
Figur 8 noch eine alternative Anordnung mit Sendemitteln und Empfangsmitteln;
5 Figur 9 ein in den Anordnungen verwendbarer Mischer.

Im Folgenden sind Anordnungen beschrieben, die die Nachteile der Systeme der Figuren 1, 2 und 4 vermeiden.

- 10 Wie bereits erwähnt wird ein Oszillator in seinem Anschwingverhalten nicht nur in seiner Phase, sondern auch in seiner Anschwinggeschwindigkeit von einem eingekoppelten Signal ähnlicher Frequenz beeinflusst. Ein periodisch ein- und ausgeschalteter Oszillator schwingt danach unter dem
15 Einfluss eines empfangenen Signals ähnlicher Frequenz schneller an, als ohne dieses Signal. Je größer die Amplitude des Empfangssignals am geschalteten Oszillator ist, desto kürzer ist dessen Einschwingzeit und desto länger schwingt der Oszillator während einer vorgegebenen Einschaltzeit.

- 20 Führt man das Ausgangssignal eines geschalteten Oszillators, der durch ein Empfangssignal stimuliert wurde, einem Detektor DET mit anschließendem Tiefpass zu, so funktioniert der Detektor in dieser Anordnung als Leistungsmesser, der die
25 mittlere Leistungsabgabe des stimulierten Oszillators misst. Wird der Oszillator von einem AM-Empfangssignal stimuliert, schwankt die mittlere Ausgangsleistung des Oszillators in Abhängigkeit von der augenblicklich am Oszillator anliegenden Signalamplitude des stimulierenden Empfangssignals. Das
30 Messsignal $s_m(t)$ stellt damit ein hoch verstärktes Abbild des AM-Empfangssignals dar.

Im vorliegenden Fall wird der Verstärkungseffekt mit geschaltetem Oszillator zur Realisierung eines sehr einfachen
~~35 Abstandsradars mit äußerst geringer Leistungsaufnahme nach~~
dem Verfahren des sequentiellen Samplings genutzt. Ein entsprechendes Radarsystem zeigt Figur 5.

Dieses Radarsystem weist einen Sendeoszillator HFO-Tx auf, der über einen schnellen Schalter PO-Tx mit einer Taktrate CLK-Tx periodisch kurzzeitig eingeschaltet wird. Typische Einschaltdauern sind 100 ps - 20 ns, typische Taktraten 0,1 - 10 MHz. Das Signal wird über einen Diplexer DIP, der im dargestellten Fall als Zirkulator ausgeführt ist, ausgesendet, an einem Objekt reflektiert, über den Diplexer DIP wieder empfangen und erreicht über einen Detektor DET einen Empfangsoszillator HFO-Rx in Form eines Lokaloszillators, der über einen Schalter PO-Rx mit einer Taktrate CLK-Rx ein- und ausgeschaltet wird. In dem Fall, in dem beispielsweise durch praktisch unvermeidliche Überkopplung von der Empfangsantenne über Detektor DET zum Lokaloszillator HFO-Rx Signalanteile des reflektierten Empfangssignal zum Einschaltzeitpunkt des Lokaloszillators HFO-Rx an diesem anliegen, bewirken diese Signale wie oben beschrieben ein schnelleres Anschwingen des Oszillators gegenüber dem Fall, dass der Oszillator aus dem Rauschen heraus anschwingt. Bei einer Abstandsmessung treffen entsprechend dem Reflektorszenario über der Zeit verteilt verschieden starke Echos ein. Es gelangen also verschieden starke Empfangssignale über Antenne ANT, Diplexer DIP und Detektor DET zum Lokaloszillator HFO-Rx. Die Stärke der Reflexion zum Einschaltzeitpunkt bildet sich als mittlere Einschaltdauer des Oszillators ab, also als mittlere Oszillatorleistung. Der Detektor DET bildet aus dieser mittleren Oszillatorleistung die in Figur 6 dargestellte Pulshüllkurve.

Die Vorteile dieser Systemtopologie und Messmethode bestehen in folgenden Punkten:

- Nachdem das Messsignal $s_m(t)$ nicht kohärent durch Mischen sondern durch Leistungsdetektion erzeugt wird, entfällt das „Wabern“ der Signalamplitude in Abhängigkeit von der Phase der Reflexion auch für einen bewegten Reflektor

TARGET2. Das Messsignal muss hierfür nicht komplexwertig erzeugt werden.

- Typische Reflexionen führen zu Messsignalamplituden im Bereich von einigen hundert Millivolt im Gegensatz zu Mischsignalen die in einem kohärenten System typisch bei wenigen zehn Millivolt liegen. Ohne schaltungstechnischen Mehraufwand im HF-Bereich können damit Verstärkerstufen von 20-30 dB im NF-Bereich eingespart werden.
- Das Radarsystem arbeitet dabei mit äußerst geringer Leistungsaufnahme.
- Für die Erzeugung der Pulse werden bei HF-Frequenzen nur zwei Oszillatoren benötigt. Für den Gehalt an Oberwellen in den von den Schaltern erzeugten Spannungspulsen bestehen nicht die hohen Anforderungen wie bei den Spannungspulsen der Schalter SW-Rx bzw. SW-Tx für die Anordnung von Figur 4.

Eine besonders einfache Ausgestaltung des Radarsystems stellt Figur 7 dar: Der Oszillator HFO arbeitet sowohl als Sendeoszillator wie auch als stimulierter Empfangsoszillator, der sowohl vom Schalter PO-Tx mit der Taktrate CLK-Tx eingeschaltet wird, als auch vom Schalter PO-Rx mit der Taktrate CLK-Rx eingeschaltet wird. Alternativ kann das Einschalten auch durch eine Anordnung wie in Figur 8 durchgeführt werden. Das setzt allerdings einen Schalter voraus, der äußerst schnelle Pulswiederholraten realisieren kann.

Es ist vorteilhaft aber nicht zwingend, wenn der Detektor DET in dem System von Figur 7 und Figur 8 als symmetrischer Mischer auf Basis eines 90°-Hybrids (siehe z.B. A. Maas: „The RF and Microwave Circuit Design Cookbook“, Artech House 1998, S. 107 - 109), wie in Figur 9 dargestellt mit einer Besonderheit ausgeführt ist. Die Besonderheit besteht darin, dass die beiden Dioden, wie bei einem Frequenzverdoppler, mit gleicher Polarität, also parallel, eingesetzt werden und das Messsignal dennoch als Summe beider Teilsignale $s_{m1}(t)$ und

$s_{m2}(t)$ gebildet wird oder die Dioden mit gegensätzlicher Polarität, also antiparallel, eingesetzt werden und das Messsignal durch Differenz der beiden Teilsignale gebildet wird. Hierbei verdoppelt sich die Messsignalamplitude im Vergleich zu einer Anordnung mit nur einer Diode oder dem Abgriff nur eines Teilsignals $s_{m1}(t)$ oder $s_{m2}(t)$. Der Vorteil in der Verwendung eines symmetrischen Mischers nach Figur 9 besteht weiter in seinen besonders guten Transmissionseigenschaften, die für die Anregung des Oszillators durch ein Empfangssignal besonders wünschenswert sind.

Im Gegensatz zum hier vorgestellten Mischer wird in einem herkömmlichen Mischer das Messsignal gebildet, indem entweder die beiden Dioden antiparallel eingesetzt und die Teilssignale addiert werden oder die Dioden parallel eingesetzt und die beiden Teilsignale subtrahiert werden. Im Gegensatz zu einem herkömmlichen Mischer werden die Dioden beim hier vorgestellten Mischer nicht reflexionsarm angepasst, sondern bewusst hochohmig und damit reflektiv (typ. $100\ \Omega$ - $100\ k\Omega$ in einem $50\text{-}\Omega$ -System). Gegebenenfalls kann in Serie mit den Dioden ein Serienwiderstand R geschaltet werden, um die Hochohmigkeit zu erzielen.

Neben den Vorteilen, die auch schon für das System gemäß Figur 5 genannt wurden, gilt für dieses System zusätzlich, dass es sehr einfach ist. Zur Erzeugung der Pulse wird lediglich ein HF-Oszillator benötigt.

30 Ausgestaltungen:

- Mit dem beschriebenen Radarsensor können statt nach der Methode des sequentiellen Samplings auch alle anderen für Pulsradare gängigen Verfahren zur Abstandsmessung angewendet werden. So kann das Radarsystem nur für einen vorgegebenen Entfernungsbereich sensitiv gemacht werden, in dem die beiden Taktraten CLK-Tx und CLK-Rx identisch

sind und um eine Zeitspanne gegeneinander versetzt sind, die der Signallaufzeit zwischen dem Sensor und dem zu überwachenden Entfernungsbereich entspricht. In dieser Betriebsart könnte das System z.B. sehr gut als sehr kostengünstiger Grenzschalter (z.B. in der industriellen Füllstandmesstechnik als Über- oder Unterlaufsicherung) oder als eine Art Radar-Schranke (etwa zum Zählen/Detektieren von Personen und Fahrzeugen oder zur Detektion von Objekten auf Fließbändern) eingesetzt werden.

- Genauso wenig müssen die Takte CLK-Tx und CLK-Rx noch die Verschiebung der Takte zueinander regelmäßig sein um ein komplettes Entfernungsprofil zu erzeugen sondern man kann eine Serie von Abtastwerten auch nach einem beliebigen Schema (z.B. stochastisch oder kodiert) über die Objektszene erzeugen und die korrekte An- und Zuordnung der Entfernungsmesspunkte zueinander anschließend in einer Auswerteeinheit durchführen. Weitere Verfahren zur Betriebsart des Radars sind denkbar.

- Statt des Zirkulators nach Figur 5 kann die Sende-Empfangstrennung auch über einen Richtkoppler erfolgen oder ganz auf sie verzichtet werden. Die Ankopplung der Antenne kann in letzterem Falle über eine einfache Stichleitung erfolgen. Dabei ist allerdings mit einer deutlich schlechteren Performance bei der Abstandsmessung zu rechnen, da direktes Übersprechen vom Sende- in den Empfangspfad oder an der Stichleitung reflektierte Signale wie ein sehr naher Reflektor wirken.

- Der Eindeutigkeitsbereich des Radars ist wie bei Pulsradaren üblich durch die Pulswiederholrate bestimmt. Reflektierte Pulse, die erst nach der Aussendung des nächsten Sendepulses am Radarsensor eintreffen, werden als sehr nahe Reflektoren interpretiert. Da die mittlere empfangene Energie das S/N bestimmt, ist es wünschenswert ~~die Pulswiederholrate hoch und zwangsläufig damit auch den~~ Eindeutigkeitsbereich möglichst klein zu wählen.

- Die Größenordnung der Einschaltdauer von CLK-Tx und CLK-Rx muss im Bereich von Q Schwingungsperioden der Oszillatoren HFO-Tx/HFO-Rx liegen, wobei Q die belastete Güte des Resonators im Oszillator darstellt. Andernfalls kann der Oszillator während der Einschaltzeit nicht vollständig bis zu seiner maximalen Amplitude anschwingen. Insofern sollte der Resonator eine möglichst kleine Güte besitzen.
- Im Gegensatz zu vielen Pulsradarsensoren (wie z.B. dem in Figur 4) ist es nicht notwendig, dass der Einschaltimpuls besonders steil anschwingt und Oberwellen im Hochfrequenzbereich erzeugt.

Aufgrund des besonders einfachen und kostengünstigen Aufbaus eignen sich die Radaranordnungen hervorragend für alle kostensensitiven Anwendungen. Insbesondere zu nennen wäre die Nahdistanzsensorik rund um Fahrzeuge (Kfz-Einparkhilfe, Kfz-blind-spot, Kfz-Airbag, pre-crash, Roboter-Navigation, generell als Sensor für autonome Fahrzeuge), die Nahdistanzsensorik in Fahrzeugen (Sitzbelegungskontrolle, Einbruchmelder, Fenster- Schiebedach-Einklemmschutz) und der ganze Bereich der industriellen Abstandsensorik und der Bereich der Haussensorik (Überwachung von Fenster, Türen, Räumen und Begrenzungen).

Patentansprüche

1. Anordnung mit Sendemitteln zum Senden eines Signals und mit Empfangsmitteln zum Empfangen einer Reflexion des
5 gesendeten Signals, wobei die Empfangsmittel einen Empfangsoszillator aufweisen, dadurch gekennzeichnet, dass das Einschwingverhalten des Empfangsoszillators durch die Reflexion des gesendeten Signals beeinflussbar ist.
10
2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Einschwingdauer und/oder die mittlere abgegebene Leistung des Empfangsoszillators durch die Reflexion des
15 gesendeten Signals beeinflussbar ist.
3. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Leistung des Empfangsoszillators messbar ist.
20
4. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung Mittel zum, insbesondere periodischen, Ein- und Ausschalten des Empfangsoszillators mit einer
25 Taktrate aufweist.
5. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Empfangsoszillator auch als Sendeoszillator zum
30 Generieren des zu sendenden Signals fungiert.
6. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung einen zweiten Oszillator aufweist, der als
~~35 Sendeoszillator zum Generieren des zu sendenden Signals~~
fungiert.

7. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Anordnung eine Anordnung zur Abstandsmessung ist.

5 8. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Anordnung ein Radar ist, insbesondere ein Pulsradar.

10 9. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Anordnung zur Detektion eines Messsignals einen
Mischer aufweist, in dem ein erstes Teilmesssignal und ein
zweites Teilmesssignal addiert werden.

15 10. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Anordnung zur Detektion eines Messsignals einen
Mischer mit zwei Dioden aufweist, wobei die Dioden mit
gleicher Polarität eingesetzt werden und das Messsignal als
20 Summe zweier Teilmesssignale gebildet wird oder wobei die
Dioden mit gegensätzlicher Polarität eingesetzt werden und
das Messsignal durch Differenz der beiden Teilsignale
gebildet wird.

11. Fahrzeug, Gebäude oder Industrieanlage aufweisend eine
Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

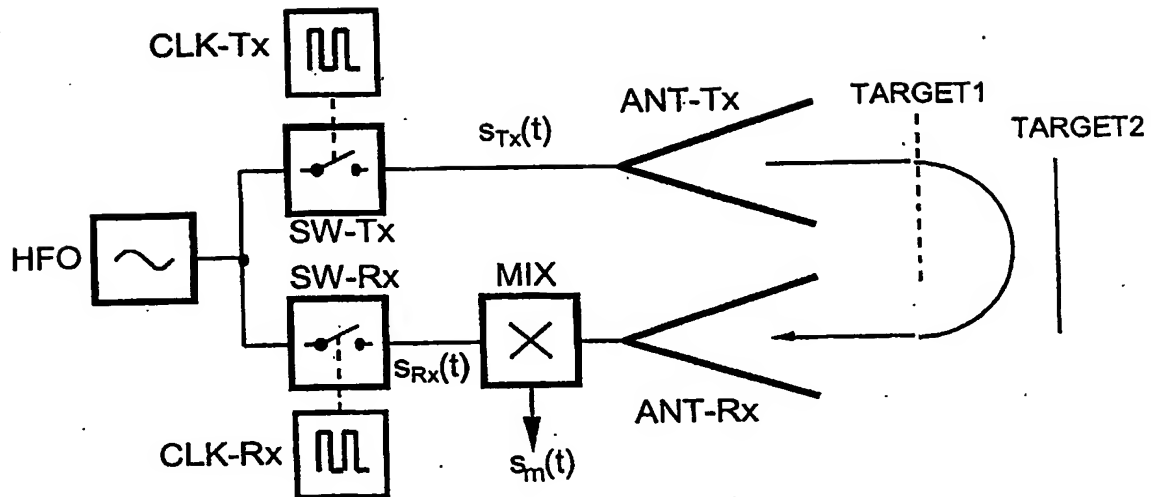
12. Messverfahren, insbesondere zur Abstandsmessung, bei dem
- mit Sendemitteln ein Signal erzeugt und gesendet wird,
30 - mit Empfangsmitteln, die einen Empfangsoszillator
aufweisen, eine Reflexion des gesendeten Signals empfangen
wird,
- das Einschwingverhalten des Empfangsoszillators durch die
Reflexion des gesendeten Signals beeinflusst wird.

Zusammenfassung

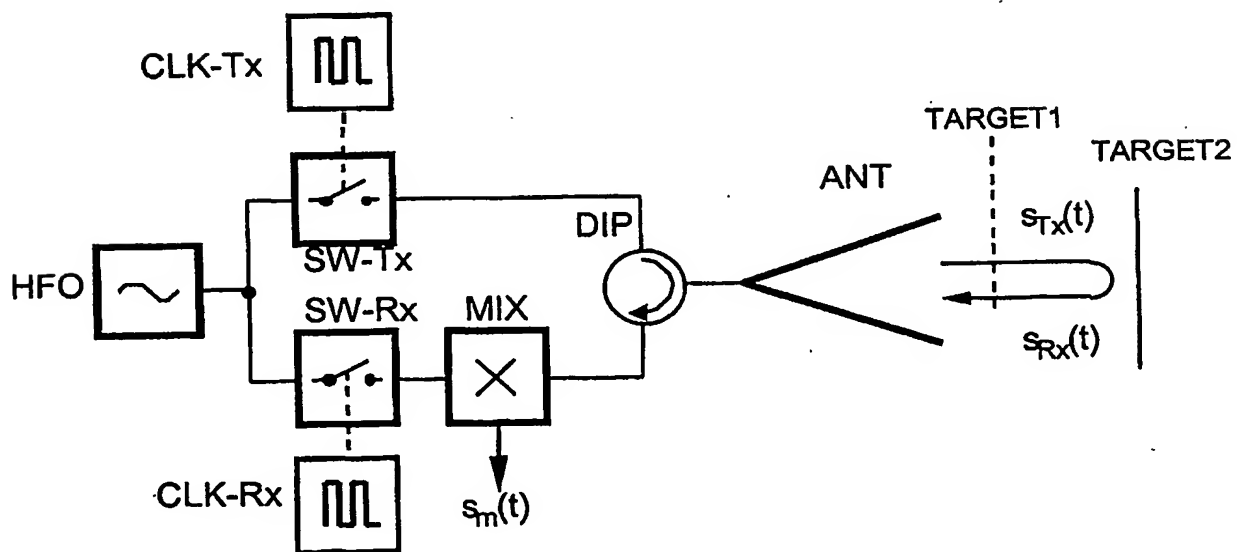
Kompakter Mikrowellen-Abstandsensor mit geringer
Leistungsaufnahme durch Leistungsmessung an einem
5 stimulierten Empfangsoszillator

Pulsradar mit einem Empfangsoszillator, dessen
Einschwingverhalten durch ein empfangenes Echo beeinflusst
wird.

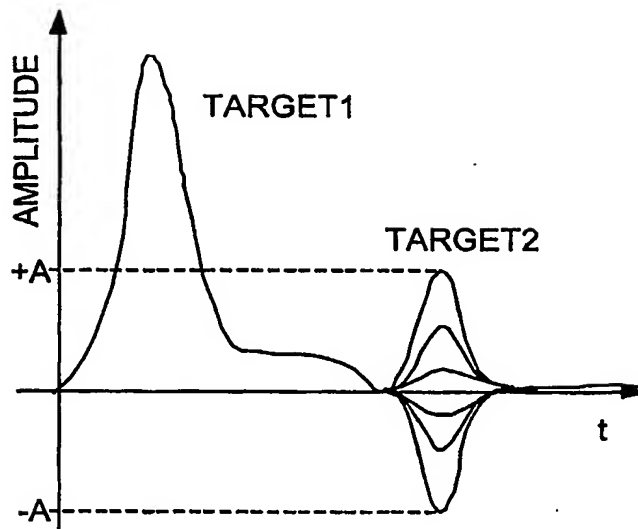
Figur 1



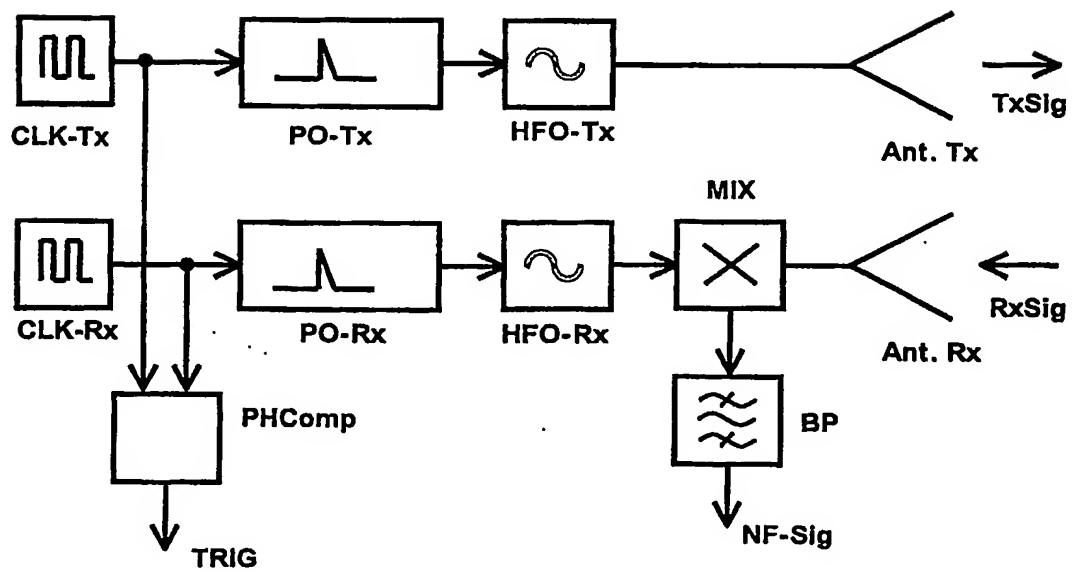
Figur 2



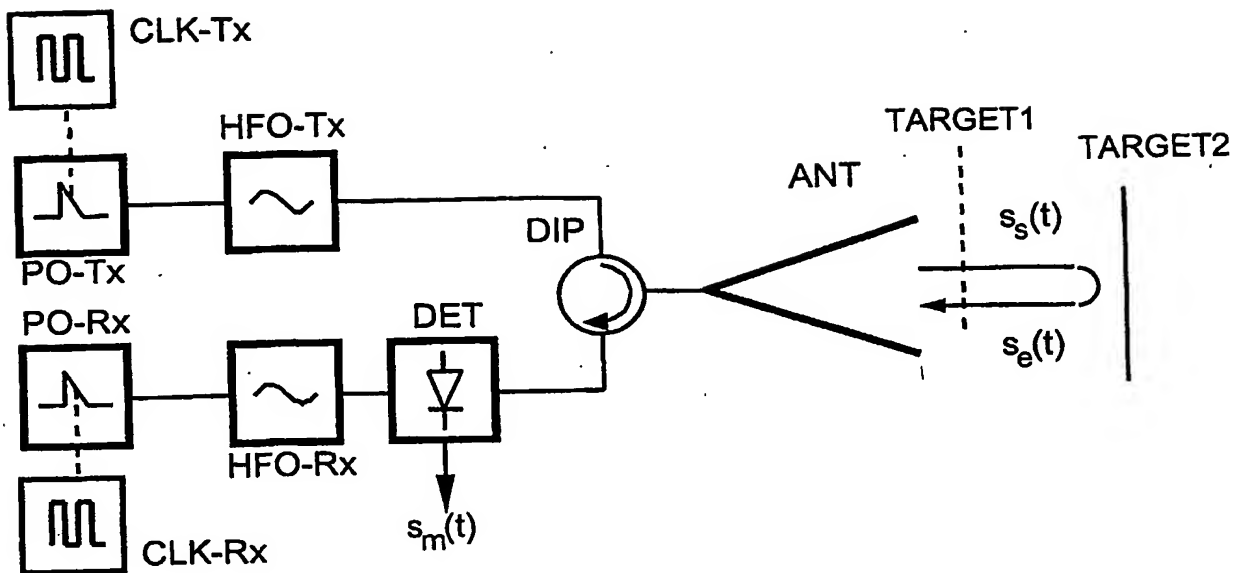
Figur 3



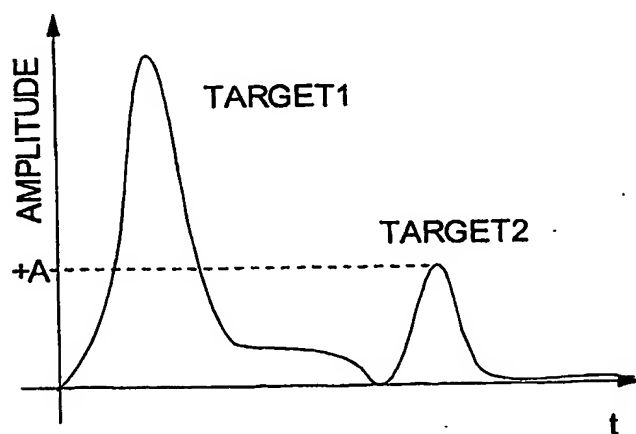
Figur 4



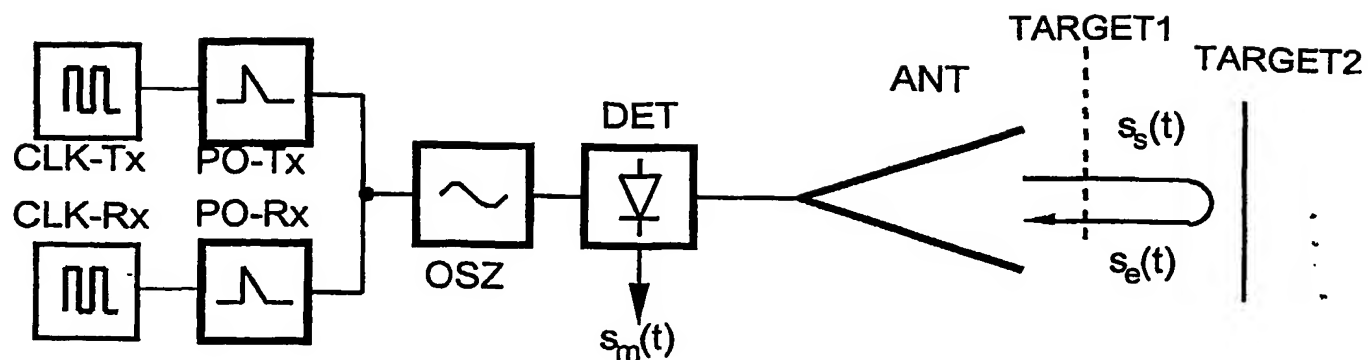
Figur 5



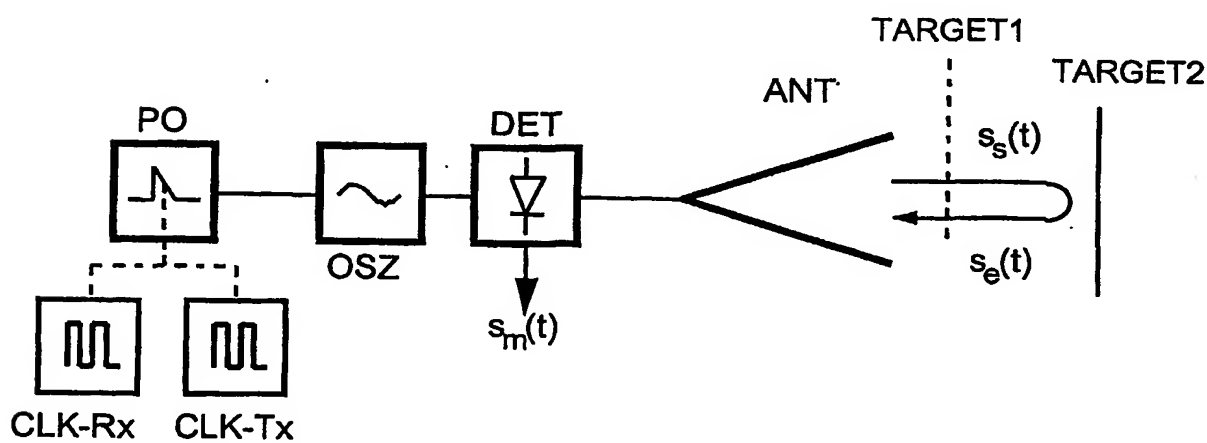
Figur 6



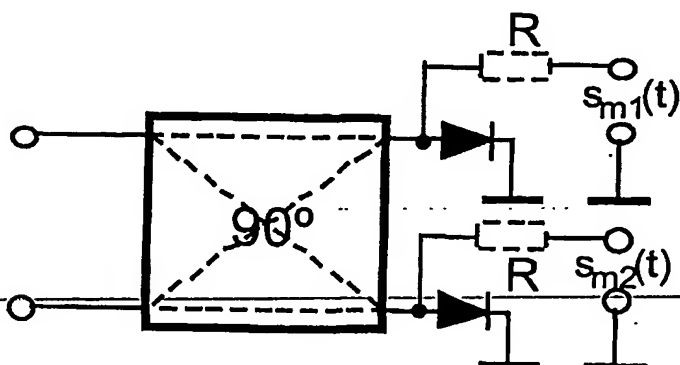
Figur 7



Figur 8



Figur 9



PCT Application

PCT/EP2004/001441



This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☒ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images problems checked, please do not report the problems to the IFW Image Problem Mailbox